열물질수지 계산을 통한 평택생산기지 설계적 분석

김석순, 최성희, 양영명
한국가스공사 연구개발원

Design Study of PyeongTaek LNG Receiving Terminal by Heat & Material Balance Calculation

Seog Soon Kim, Sung Hee Choi, Young Myung Yang
Korea Gas Corporation

1. 서론

제6차 장기천연가스 수급계획에 따라 건설되는 평택생산기지 제2공장의 기본설계를 한국가스공사 연구개발원에서 자체적으로 수행하였다. 평택2공장은 기존 평택1공장 북쪽 부지에 위치하며 기본설계시 독립적으로 운영이 가능하도록 설계되었다. 평택1공장은 건설된 지 18년이 흘렀고, 그로인해 각종 설비의 노후화 및 1,2차 확장에 따른 운전방식의 개선 등이 발생되었으며, 일부설비에 대한 보수 필요성 및 개선문제도 제기되고 있다. 특히 2005년에는 평택2공장에 고압 LNG 펌프와 기화설비가 설치되어, 평택1공장에서 저압의 LNG를 평택2공장에서 기화한 후 평택1공장에서 송출하도록 건설될 예정이다. 따라서 평택2공장은 독립적인 공장이지만 유사시 평택1공장과 연계되어 운전되는 상황을 고려하지 않을 수 없는 것이 현실이다. 이러한 연계성을 분석하기 위해 부수적으로 평택1공장의 계통분석 및 열물질수지 분석이 필요하다.

2. 평택1공장 설계송출량 및 계통분석

평택1공장의 설비 및 계통은 2000년도 12월에 작성된 "평택생산기지 P&ID"3권(Receiving, Sendout, Utility)을 기준으로 분석하였고, 2005년도 평택2공장과의 연계성은 평택2공장 기본설계자료[1]를 이용하였다.

가) 평택생산기지 년도별 설계 송출량

년도	시간당 설계송출유량
2003	2016 톤
2004	2296 톤 (계획중)
2005	2656 톤 (계획중)

표 1 년도별 설계 송출량

나) 평택1공장 계통분석

평택1공장은 1차 2차 확장을 거치면서 현재 탱크 10기로 운전되고 있다. LNG 선박이 부두에 접안한 후 시간당 11,200m^3 유량으로 두개 하역배관을 통해 생산기지내 탱크로 LNG를 하역한다. 탱크로부터 LP펌프를 통해 14.5kg/cm^2g 압력으로 12인치 LP LNG 배관이나 16인치 LP LNG 배관을 거쳐 고압 LNG 펌프로 LNG를 이송한다. LP 펌프로부터 HP 펌프로 가는 배관은 확장으로 인해 현재 2개 TRAIN으로 구성되어있다. HP 펌프에서 77kg/cm^2g 압력으로 가압된 LNG는 기화기를 거쳐 3개의 송출라인으로 송출된다. 발생되는 BOG는 먼저 BOG 압축기를 통하여 11kg/cm^2g 압력으로 압축된후 소내연료가스나 삼천리, 화력발전의 연료가스로 직접 공급된다. 또한 재액화기와 승압펌프가 있어 BOG를 액화시켜 HP 펌프를 거쳐 기화송출하게 된다. 재순환 유량은 LP 배관라인 각각 TRAIN 별로 재액화기 전단에서 감압하여 하역배관을 거쳐 각 저장탱크로 균등하게 흐르게 한다. 재순환유량은 LP 펌프 1 기를 개별적으로 운전하여 송출한다. 10기 저장탱크의 하역 우선순위는 가장 낮은 LNG 저장량을 가진 탱크를 우선으로 하여 10기 저장탱크의 저장량을 균등하게 유지하도록 운전하고 있다. 마찬가지로 송출시에 가장 많은 LNG 저장량을 보유한 저장탱크에서 LNG를 송출한다. 평택1공장은 평택화력발전, 삼천리 도시가스(기아, 해군사령부), 서울냉열등에 저압의 연료가스를 공급하고 있으며 일부는 SMV를 가동하기 위한 소내가스로도 사용한다. 복합화력발전에는 기화기를 거쳐 송출되고 있는 고압 NG를 직접 뽑아 중압 36kg/cm^2g 으로 감압하여 연료가스를 공급하고 있다. 서울냉열에는 저압의 LNG를 송출하고 서울냉열에서 LNG의 냉열을 이용한 후 발생되는 NG를 다시 평택 1공장에서 받아 저압 연료가스로 사용하게된다. 평택 1공장에는 현재 2개의 하역부두가 건설되어 있으며 추후에 제 1부두는 평택 2공장 전용 하역 부두로 사용될 예정이다.

다) 평택1,2공장 연계운전방안

평택생산기지 제1공장 및 제2공장은 공장간 완전독립운전을 기본으로 하고, 필요(비상)시 교차운전이 가능하며, 연계운전 대상은 하역부두, Unloading 및 Return Gas Line, 저압송출라인, 압축 BOG 라인, 고압 NG송출라인, LP Drain, Degassing 라인으로 기본설계하였다. 그리고 2005년 평택 1공장내 재액화기로

가는 LP LNG 배관에서 LNG를 뽑아 평택 2공장내 설치되는 HP 펌프로 보낸 후 평택 2공장내 설치될 예정인 4기의 SMV를 이용 기화시켜 다시 평택 1공장에서 고압 NG를 송출할 예정이다. 아울러 2004년에는 130톤/시간 용량의 ORV 2기를 180톤/시간 용량으로 교체하고, 90톤/시간 용량의 SMV를 2기 신설하며, 110톤/시간 용량의 고압펌프 3기를 신설할 계획이다.

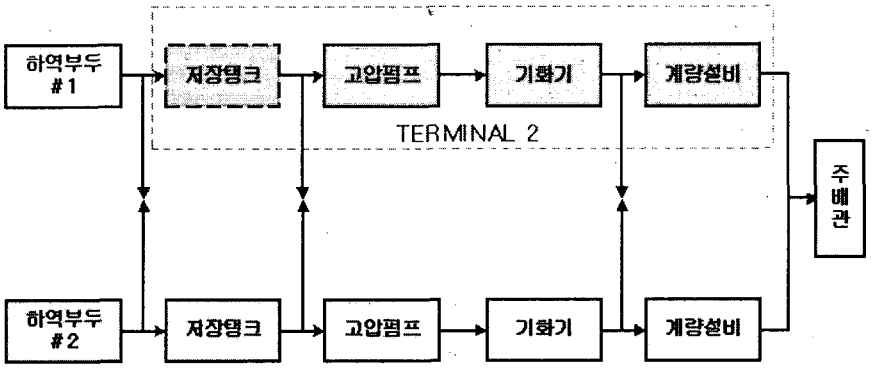

그림 1 평택생산기지 1-2 공장간 연계운전대상

3. 열물질수지계산

열물질수지 계산은 범용으로 사용되는 공정모사소프트웨어를 이용해서 계산하였다. Case는 총 16개로 구분하여 계산하였다. 최대송출의 경우는 동절기(12,1,2,3월), 최소송출의 경우는 하절기(7,8,9월) 생산공급자료[2]를 이용하여 연료가스의 수요량을 추정하였다. 최대송출의 경우 기화설비의 여분없이 가동하는 것으로 계산하였다. 2004년(1공장 기화능력 확장 280톤/시간 증설)과 2005년(2공장 기화능력 360톤/시간 건설)에는 최소송출운전이 기존평택1공장설비만으로 운전되므로 최대송출의 경우만을 가정하여 계산하였다.

구분	하역	송출방법	서울냉열 LNG송출	삼천리(기아쪽) 연료가스공급
Case 1-1	YES	Maximum	YES	YES
Case 1-2	YES	Maximum	YES	NO
Case 1-3	YES	Maximum	NO	YES
Case 1-4	YES	Maximum	NO	NO
Case 2-1	NO	Maximum	YES	YES
Case 2-2	NO	Maximum	YES	NO
Case 2-3	NO	Maximum	NO	YES
Case 2-4	NO	Maximum	NO	NO
Case 3-1	YES	Minimum	YES	YES
Case 3-2	YES	Minimum	YES	NO

Case 3-3	YES	Minimum	NO	YES
Case 3-4	YES	Minimum	NO	NO
Case 4-1	NO	Minimum	YES	YES
Case 4-2	NO	Minimum	YES	NO
Case 4-3	NO	Minimum	NO	YES
Case 4-4	NO	Minimum	NO	NO

표 2 Case 별 시나리오 정리

4. 열물질수지계산결과

가) 2003년 기준 Case 별 결과

	Case1-1	Case1-2	Case1-3	Case1-4
BOG발생량	55	55	55	55
서울냉열 송출 LNG량	20	20	0	0
서울냉열 유입 NG량	20	20	0	0
연료가스량(BOG압축기 후단)	16	6	16	6
재액화되는 BOG 량	38	49	18	29
NG 송출량	2016	2016	2016	2016
가동 LP 펌프수	15	15	15	15

표 3 하역 및 최대송출(단위: 톤/시간, 톤이하 절삭)

	Case2-1	Case2-2	Case2-3	Case2-4
BOG발생량	14	14	14	14
서울냉열 송출 LNG량	20	20	0	0
서울냉열 유입 NG량	20	20	0	0
연료가스량(BOG압축기 후단)	16	6	6*	6
재액화되는 BOG 량	17	28	8	8
NG 송출량	2016	2016	2016	2016
가동 LP 펌프수	15	15	15	15

표 4 비하역 및 최대송출(단위: 톤/시간, 톤이하 절삭)

	Case3-1	Case3-2	Case3-3	Case3-4
BOG발생량	57	57	58	58
서울냉열 송출 LNG량	20	20	0	0
서울냉열 유입 NG량	20	20	0	0
연료가스량(BOG압축기 후단)	4	1	4	1
재액화되는 BOG 량	54	57	35	38
NG 송출량	778	781	481	484
가동 LP 펌프수	6	6	4	4

표 5 하역 및 최소송출(단위: 톤/시간, 톤이하 절삭)

	Case4-1	Case4-2	Case4-3	Case4-4
BOG발생량	18	18	18	18
서울냉열 송출 LNG량	20	20	0	0
서울냉열 유입 NG량	20	20	0	0
연료가스량(BOG압축기 후단)	4	1	4	1
재액화되는 BOG 량	33	36	14	17
NG 송출량	459	462	312	315
가동 LP 펌프수	4	4	3	3

표 6 비하역 및 최소송출(단위: 톤/시간, 톤이하 절삭)

나) 2004년 기준 Case 별 결과

	Case1-1	Case1-2	Case1-3	Case1-4
BOG발생량	54	54	54	54
서울냉열 송출 LNG량	20	20	0	0
서울냉열 유입 NG량	20	20	0	0
연료가스량(BOG압축기 후단)	18	8	18	8
재액화되는 BOG 량	36	47	16	27
NG 송출량	2296	2296	2296	2296
가동 LP 펌프수	17	17	17	17

표 7 하역 및 최대송출(단위: 톤/시간, 톤이하 절삭)

	Case2-1	Case2-2	Case2-3	Case2-4
BOG발생량	13	13	13	13
서울냉열 송출 LNG량	20	20	0	0
서울냉열 유입 NG량	20	20	0	0
연료가스량(BOG압축기 후단)	18	8	8*	8
재액화되는 BOG 량	14	25	5	5
NG 송출량	2296	2296	2296	2296
가동 LP 펌프수	17	17	17	17

표 8 비하역 및 최대송출(단위: 톤/시간, 톤이하 절삭)

다) 2005년 기준 Case 별 결과

	Case1-1	Case1-2	Case1-3	Case1-4
BOG발생량	52	52	52	52
서울냉열 송출 LNG량	20	20	0	0
서울냉열 유입 NG량	20	20	0	0
연료가스량(BOG압축기 후단)	22	12	22	12
재액화되는 BOG 량	29	40	9	20
NG 송출량	2656	2656	2656	2656
가동 LP 펌프수	19	19	19	19

표 9 하역 및 최대송출(단위: 톤/시간, 톤이하 절삭)

	Case2-1	Case2-2	Case2-3	Case2-4
BOG발생량	11	11	11	11
서울냉열 송출 LNG량	20	20	0	0
서울냉열 유입 NG량	20	20	0	0
연료가스량(BOG압축기 후단)	22	12	10*	10*
재액화되는 BOG 량	8	19	1	1
NG 송출량	2656	2656	2656	2656
가동 LP 펌프수	19	19	19	19

표 10 비하역 및 최대송출(단위: 톤/시간, 톤이하 절삭)

5.결론 및 참고문헌

계산 결과 Case3-3/4의 경우 가장 많은 BOG 발생량이 계산되었다. 이는 하역을 하면서 최소송출로 인한 탱크내 BOG 저장공간이 한정되기 때문으로 판단된다. 반대로 Case2-1의 경우 가장 작은 BOG 발생량을 보였는데, 이는 하역을 하지 않고 최대송출로 인한 탱크내 BOG 저장공간의 확대가 원인으로 판단된다. 최소한 재액화기로 가는 BOG 량을 처리하며 가능한 최소 송출 LNG의 유량은 Case4-3의 경우로 약 312톤/시간의 LNG를 송출해야 하는 것으로 판단되었다. 만약 312톤/시간 이하로 송출할 경우 발생된 BOG를 Flare로 보내거나 별도의 처리방법이 필요하다. Case 2-3(2005년은 Case 2-4도 포함)의 경우 필요한 연료가스를 BOG 압축기 후단에서 직공급할 때, 연료가스가 부족하여 LP ORV를 가동시켜야 하는 경우로 나타났다. 물론 연료가스를 공급하는 외부업체와의 수요량의 조정으로 조절가능한 부분이다.

본 결과는 평택생산기지 설계자료를 기초로 해서 계산하였다. 따라서 18년 이상 운전된 평택 1공장의 경우 각종 설비의 노후화, 확장공사 및 운전방식의 변동 등으로 인해 결과의 적용이 제한될 수 있다. 그렇지만, 평택 2공장과의 연계 운전 설계시 필요한 평택 1공장의 기본 자료로 활용가능하다.

참고문헌

가) 한국가스공사, "평택1-2공장 연계운전 PHILOSOPHY", PYEONGTAEK LNG RECEIVING TERMINAL II BASIC ENGINEERING DATA BOOK, Vol 4., 2002.[1)]

나) 한국가스공사, 2002년 평택1공장 생산공급 현황자료, 2003.[2)]

다) 한국가스공사, "평택생산기지 P&ID(I) RECEIVING", 2000

라) 한국가스공사, "평택생산기지 P&ID(I) SENDOUT", 2000

마) 한국가스공사, "평택생산기지 P&ID(I) UTILITY", 2000

바) 대우엔지니어링, "평택 생산기지 2단계 2차공사 설계 및 감리기술용역 PLANT DATA BOOK", 1999.

사) 한국가스공사, "통영인수기지 기본설계보고서", 1998.